

Requested document:	<a href="#">JP2000197325 click here to view the pdf document</a>
---------------------	--

## RELUCTANCE MOTOR

Patent Number: JP2000197325  
Publication date: 2000-07-14  
Inventor(s): KIRIYAMA HIROYUKI; KAWANO SHINICHIROU  
Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD  
Requested Patent: ☐ [JP2000197325](#)  
Application Number: JP19980369182 19981225  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H02K19/10  
EC Classification:  
Equivalents:

---

### Abstract

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a reluctance motor which can be started with low vibration and low noise and put into a synchronous state quickly, while no large scale start controller or vibration/noise preventive device is required, and can be assembled into a firm construction easily.

**SOLUTION:** A rotor 31 consists of a rotor shaft 44 and a rotor core 35, which is composed of a number of core sheets 34 layered in the direction of the rotor shaft 44 and is fixed to the rotor shaft 44. The rotor 31 has a plurality of rod-shaped conductors 42a, which are made to penetrate the rotor core 35 in a layer direction and a pair of short-circuit rings 43a, which are provided on both the end parts in the layer direction of the rotor core 35 and to which the respective rod-shaped conductors 42a are connected to compose a cage-type secondary conductor 37 of the respective rod-shaped conductors 42a and the short-circuit rings 43a. The resistances of the rod-shaped conductors 42a near electrical angles of  $(-45 \text{ deg.} + 180 \text{ deg.}) \times n$  ( $n=1, 2, 3, \text{ etc.}$ ), are lower than the resistances of the other rod-shaped conductors 42a.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-197325  
(P2000-197325A)

(43)公開日 平成12年7月14日(2000.7.14)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H02K 19/10

識別記号

F I  
H02K 19/10

テームコード(参考)  
A 5H619

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平10-369182

(22)出願日 平成10年12月25日(1998. 12. 25)

(71)出願人 000003821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 桐山 博之

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 川野 慎一郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

Fターム(参考) 5H619 AA01 AA05 AA07 AA10 BB01  
BB06 BB22 BB24 PP02 PP04  
PP08 PP15

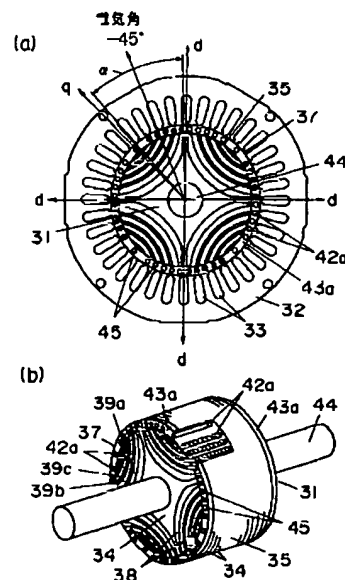
(54)【発明の名称】 リラクタンスモータ

(57)【要約】

【課題】 大掛かりな起動制御装置および振動・騒音防止装置を必要とせずに低振動・低騒音かつ迅速に同期状態に立ち上がるよう起動できるとともに、容易な組立により堅牢な構造を得られるリラクタンスモータを提供することを目的とする。

【解決手段】 多数枚のコアシート34をロータ44軸方向に積層したロータコア35を前記ロータ軸44に固定してなるロータ31を備えたものにおいて、前記ロータコア35に対し積層方向に挿通された複数本の棒状導体42aと、前記ロータコア35の積層方向の両端面にそれぞれ配設され、かつ前記各棒状導体42aの前記ロータコアから導出した両端部にそれぞれ電気的接続状態に連結された一対の短絡環43aとを有し、前記各棒状導体42aと前記一対の短絡環43aとにより、かご型二次導体37が形成されており、電気角(-45°+180°×n(n=1、2、3…))付近の棒状導体42aの抵抗を他の棒状導体42aの抵抗より低くなるように構成する。

31…ロータ  
34…コアシート  
35…ロータコア  
37…かご型二次導体  
38…スリット  
42a…棒状導体  
43a…短絡環  
44…ロータ軸  
45…連結孔



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のスリットがロータコアの半径方向に並ぶ配置で形成されて、前記各スリットの周囲に形成される磁束通路が前記ロータコアの中心側に向け凸となる複数のコアシートをロータ軸方向に積層したロータコアと、このロータコアに対し前記コアシートの積層方向に挿通された複数本の棒状導体と、前記ロータコアの積層方向の両端面にそれぞれ配設され、かつ前記各棒状導体の前記ロータコアから導出した両端部にそれぞれ電気的接続状態に連結された一対の短絡環とを有し、前記各棒状導体と前記一対の短絡環とにより、かご型二次導体が形成されており、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) 付近の棒状導体の抵抗を他の棒状導体の抵抗より低くしたことを特徴とするリラクタンスモータ。

【請求項2】 電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  付近の棒状導体の材質を、他の棒状導体の材質より低い抵抗の材質にした請求項1記載のリラクタンスモータ。

【請求項3】 電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  付近の棒状導体の太さを、他の棒状導体の太さより大きくした請求項1記載のリラクタンスモータ。

【請求項4】 電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  付近の短絡環の抵抗を、他の短絡環の抵抗より低くした請求項1記載のリラクタンスモータ。

【請求項5】 複数のスリットがロータコアの半径方向に並ぶ配置で形成されて、前記各スリットの周囲に形成される磁束通路が前記ロータコアの中心側に向け凸となる複数のコアシートをロータ軸方向に積層したロータコアと、このロータコアに対し前記コアシートの積層方向に挿通された複数本の棒状導体と、前記ロータコアの積層方向の両端面にそれぞれ配設され、かつ前記各棒状導体の前記ロータコアから導出した両端部にそれぞれ電気的接続状態に連結された一対の短絡環とを有し、前記各棒状導体と前記一対の短絡環とにより、かご型二次導体が形成されており、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) 付近の短絡環の抵抗を他の短絡環の抵抗より低くしたことを特徴とするリラクタンスモータ。

【請求項6】 電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  付近の短絡環の材質を、他の短絡環の材質より低い抵抗の材質にした請求項5記載のリラクタンスモータ。

【請求項7】 電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  付近の短絡環の太さを、他の短絡環の太さより大きくした請求項5記載のリラクタンスモータ。

【請求項8】 ダイカスト法により棒状導体をロータコアに一体に成形した請求項1から7のいずれか1項に記載のリラクタンスモータ。

【請求項9】 固相焼結法により棒状導体をロータコアに一体に成形した請求項1から8のいずれか1項に記載のリラクタンスモータ。

【請求項10】 スリットに永久磁石が埋設された請求項1から9のいずれか1項に記載のリラクタンスモータ。

【請求項11】 かご形二次導体の外方側に永久磁石が配設されている請求項1から9のいずれかに記載のリラクタンスモータ。

【請求項12】 永久磁石が希土類磁石である請求項10または11記載のリラクタンスモータ。

【請求項13】 ロータコアは、複数のコアシートがロータ軸の方向に向けて、該ロータ軸回りの位置を徐々にずらして積層されて構成されている請求項1から12のいずれかに記載のリラクタンスモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、誘導トルクを利用することによって自起動可能なリラクタンスモータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】リラクタンスモータは、インダクションモータと比較して回転子の2次銅損が発生しないという特徴があるため、電気自動車や工作機械等の駆動用モータとして注目されている。

【0003】このリラクタンスモータは、図13に示すようなコアシート2を積層してなるロータコア5では、円弧状のスリット7の配設方向であるq軸方向のインダクタンス $L_q$ が空気層であるスリット7によって磁束が殆ど通らないことから小さいのに対し、q軸と電気角が直交するd軸方向のインダクタンス $L_d$ が前記磁束通路部9を介して磁束が通り易いことによって大きい。すなわち、このロータ1は、上述のように両インダクタンス $L_d$ 、 $L_q$ の差を大きくできることから、磁気的突極性を有する。

【0004】ところが、この種のモータが本質的に自起動ができない同期モータであることから、d軸の磁束が各磁束通路部9に対し通り易い状態となるようにステータの電機子への駆動タイミングを調整して同期速度に到達させるために、コントローラなどの複雑で高価な構成を有する制御装置を必要とする欠点があり、ロータ構造あるいは駆動方法の改善が必要であった。

【0005】この改良されたリラクタンスモータとしては、特開平9-308302号公報に記載のものが知られている。このリラクタンスモータは、図14に示す多数枚のコアシート14をロータ軸24の方向に積層したロータコア15を前記ロータ軸24に固定してなるロータ11を備えたものにおいて、前記ロータコア15に対し積層方向に挿通された複数本の棒状導体22と、前記ロータコア15の積層方向の両端面にそれぞれ配設され、かつ前記各棒状導体22の前記ロータコア15から導出した両端部にそれぞれ電気的接続状態に連結された一対の短絡環23とを有し、前記各棒状導体22と前記

一对の短絡環23とにより、かご型二次導体37が形成されていることを特徴とする。

【0006】したがって、固定子側の固定子巻線を3相交流電源に接続すると、かご形二次導体17に電磁誘導による誘起起電力が生じ、その起電力により棒状導体22と短絡環23とを循環して流れる渦電流と回転磁界との電磁力によりロータが回転し始める。ロータ11の回転数が上昇して固定子とロータコア15とからなるリラクタンスモータ本体の同期速度に達すると、このロータ11をステータ内にセットしてなるリラクタンスモータは、ステータの複数の界磁部によりロータ11に回転磁界が与えられると、ロータ11が上記の磁氣的突極性を有していることにより、ロータコア15に流れ始めて十分なリラクタンストルクを得ることができる状態となり、以後は、主としてリラクタンストルクによって同期速度で回転する定常状態を継続する。

【0007】したがって、このリラクタンスモータは、回転始動をロータコアと一体化してロータに組み込んだかご形二次導体を利用したインダクション作用により行うことにより、既存の大掛かりな起動用制御装置を不要にできる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記リラクタンスモータでは、非同期時において、上記磁氣的突極性があるロータ位置において負のリラクタンストルクを発生するので、騒音、振動の主な原因となるトルク脈動が発生するため、何らかの対策を必要とする欠点がある。

【0009】そこで、本発明は、大掛かりな起動制御装置および振動・騒音防止装置を必要とせず低振動・低騒音かつ迅速に同期状態に立ち上がるよう起動できるとともに、容易な組立により堅牢な構造を得られるリラクタンスモータを提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本願発明は、複数のスリットがロータコアの半径方向に並ぶ配置で形成されて、前記各スリットの周囲に形成される磁束通路が前記ロータコアの中心側に向け凸となる複数のコアシートをロータ軸方向に積層したロータコアと、このロータコアに対し前記コアシートの積層方向に挿通された複数本の棒状導体と、前記ロータコアの積層方向の両端面にそれぞれ配設され、かつ前記各棒状導体の前記ロータコアから導出した両端部にそれぞれ電氣的接続状態に連結された一对の短絡環とを有し、前記各棒状導体と前記一对の短絡環とにより、かご型二次導体が形成されており、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n \ (n=1, 2, 3\cdots))$ 付近の棒状導体の抵抗を他の棒状導体の抵抗より低くしたことを特徴とするリラクタンスモータであり、棒状導体の抵抗値を部分的に変えることで、磁束の分布を改善し、同期速度に達するまでに発生する、上記磁氣的突極性が

起因する負のリラクタンストルクを抑制することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】上記目的を達成するために、本発明のリラクタンスモータは、多数枚のコアシートをロータ軸方向に積層したロータコアと、このロータコアに対し積層方向に挿通された複数本の棒状導体と、前記ロータコアの積層方向の両端面にそれぞれ配設され、かつ前記各棒状導体の前記ロータコアから導出した両端部にそれぞれ電氣的接続状態に連結された一对の短絡環とを有し、前記各棒状導体と前記一对の短絡環とにより、かご型二次導体が形成されており、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n \ (n=1, 2, 3\cdots))$ 付近の棒状導体の抵抗を他の棒状導体の抵抗より低くしたことを特徴とする。

【0012】このリラクタンスモータは、固定子側の固定子巻線を3相交流電源に接続すると、上記かご形二次導体に電磁誘導による誘起起電力が生じ、その起電力により棒状導体と短絡環とを循環して流れる渦電流と回転磁界との電磁力によりロータが回転し始める。

【0013】上記かご型二次導体は、上記磁氣的突極性によるトルク脈動を改善し、低騒音・低振動のまま回転し、ロータの回転数が上昇して固定子とロータコアとからなるリラクタンスモータ本体の同期速度に達すると、回転磁界からの磁束が同期状態でロータコアに流れ始めて十分なリラクタンストルクを得ることができる状態となり、以後は、主としてリラクタンストルクによって同期速度で回転する定常状態を継続する。

【0014】したがって、このリラクタンスモータは、回転始動をロータコアと一体化してロータに組み込んだ上記かご形二次導体を利用したインダクション作用によりトルク脈動を抑制して、低振動・低騒音のまま同期速度に到達し、同期速度で回転する定常状態を継続するため、既存の大掛かりな起動用制御装置および振動・騒音防止装置を不要にできる。

【0015】上記発明において、かご型二次導体は、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n \ (n=1, 2, 3\cdots))$ 付近の棒状導体の抵抗を他の棒状導体の抵抗より低くしたことにより、磁束の分布を改善し、同期速度に達するまでに発生する、上記磁氣的突極性が起因する負のリラクタンストルクを抑制することができる。これにより、トルク脈動を抑制して、低振動・低騒音のまま同期速度に到達することができる。

【0016】上記発明において、各コアシートは、外周円に対して逆方向に湾曲する弧状の複数のスリットがロータコアの半径方向に並ぶ配置で形成されて、前記各スリットの間形成される磁束通路が前記ロータコアの中心側に向け凸となるように前記半径方向に列設されているように構成すると好適である。これにより、ロータコアは有効にリラクタンストルクを発生し、高速回転や高トルクを発生することができる上に、各コアシートの

磁束通路部は、かご形二次導体によって高速回転時の遠心力に抗して安定に保持される。

【0017】また、上記発明において、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$ 付近の棒状導体の材質を、他の棒状導体の材質より低い抵抗の材質にする。これにより上記構成および作用と同様の効果が得られる。これにより、各種材質の棒状導体を選択することにより、最適な棒状導体の抵抗値を容易に得ることができる。

【0018】また、上記発明において、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$ 付近の棒状導体の太さを、他の棒状導体の太さより大きくする。これにより上記作用と同様の効果が得られる。

【0019】これにより、コアシートにおけるスリットが未形成の外周端部に沿ったロード挿通孔の大きさをプレス加工などにより容易に変化できる。したがって、棒状導体の抵抗の大きさを変化できる利点がある。

【0020】また、上記発明において、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$ 付近の短絡環の抵抗を、他の短絡環の抵抗より低くする。これにより上記作用と同様の効果が得られる。

【0021】また、上記発明において、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$ 付近の短絡環の材質を、他の短絡環の材質より低い抵抗の材質にする。これにより上記作用と同様の効果が得られる。これにより、各種材質の短絡環を選択することにより、最適な短絡環の抵抗値を容易に得ることができる。

【0022】また、上記発明において、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$ 付近の短絡環の太さを、他の短絡環の太さより大きくする。これにより上記作用と同様の効果が得られる。これにより、ダイカスト法などにより容易に短絡環の大きさを変化できる。これにより、製造の高能率化を図ることができる。

【0023】さらに、上記発明において、ダイカスト法により棒状導体をロータコアに一体に成形した構成とすることができる。これにより、製造の高能率化を図ることができるとともに、ロータコアとかご型二次導体の一体化が強化され、堅牢性に優れたロータを得ることができる。

【0024】さらに、上記発明において、固相焼結法により粉末状の導体をロータコアに一体に成形した構成とすることができる。これにより、容易に材質の異なる導体によるかご型二次導体を製造できるとともに、ロータコアとかご型二次導体の一体化が強化され、堅牢性に優れたロータを得ることができる。

【0025】また、上記発明において、かご形二次導体の内方側に永久磁石が配設されている構成とすることができる。これにより、永久磁石によって鎖交磁束を増大でき、ロータを同期速度まで迅速に立ち上がらせることができる利点があるのに加えて、同期速度に達したのちも永久磁石により発生するマグネットトルクにより回転

力を付与できる。

【0026】また、上記発明において、かご形二次導体の外方側に永久磁石が配設されている構成とすることもできる。これにより、棒状導体の内方側に永久磁石を配置したかご形二次導体に比較して永久磁石により発生するマグネットトルクが大きくなるので、同期速度に達したのちの磁石モータとしての機能が向上する。

【0027】また、上記発明において、希土類磁石が配設されている構成とすることができる。これにより、希土類磁石によって鎖交磁束をさらに増大でき、ロータを同期速度まで迅速に立ち上がらせることができる利点があるのに加えて、同期速度に達したのちも希土類磁石により発生するマグネットトルクがより大きくなるので、同期速度に達したのちの磁石モータとしての機能がさらに向上する。さらにまた、減磁耐力が大きいために細い幅のスリットに配設することができる。

【0028】さらにまた、上記発明において、ロータコアを、複数のコアシートがロータ軸の方向に向けて該ロータ軸回りに位置を徐々にずらして積層する構成とすることが望ましい。これにより、d軸方向の磁路に対する抵抗がロータコアの周方向において均一化されるため、ステータからロータコアに入ったり、ロータコアからステータに出るd軸方向の磁束が均一化され、磁束の不均一に起因するトルクリップルをさらに低減して脈動音を抑制でき、モータ性能を向上させることができる。

【0029】

【実施例】（実施例1）以下、本発明の好ましい実施例について図面を参照しつつ詳細に説明する。図1(a)は本実施例1に係るリラクタンスモータを示す断面図、図1(b)は同モータにおけるロータ11の一部破断した斜視図である。

【0030】図1において、このリラクタンスモータの固定子側は、ステータ鉄心32に等間隔で配設されたスロット33に固定子巻線（図示せず）が巻回された周知の構成になっており、固定子巻線を3相交流電源に接続することによって回転磁界が発生する。ロータ31は、多数枚のコアシート34を積層したロータコア35をかご形二次導体37により固定されている。

【0031】図2はコアシート34の正面図を示す。このコアシート34には、その周方向に $90^\circ$ の角度内で分割した4箇所それぞれ、外周円に対して逆方向に湾曲する円弧状であって、複数のスリット38が半径方向に多層に形成されており、これにより、隣接する各二つのスリット38により磁氣的に絶縁されて中心の軸芯孔40に向け凸状となる複数の帯状の磁束通路部39a~39eが、半径方向に列設されている。ロータコア35はこのコアシート34をロータ軸44の軸方向に数十枚積層することにより構成される。

【0032】各スリット38の各々の両端部にはロッド挿通孔21が連設されている。これらロッド挿通孔41

はプレス加工またはレーザ加工等によるスリット38の形成時に同時に形成される。なお、磁束通路部39a～39eの形状としては、磁路の形状やコアシート34の加工を考慮すれば、図示の逆円弧状が好適であるが、V字型やU字型などの形状としても支障は生じない。また、ここで言うスリットは、空隙であるが、磁束を通さ

$$T = P_n (L_d - L_q) I_a^2 \sin 2\theta \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $P_n$ は極対数、 $L_d$ 、 $L_q$ はd軸インダクタンスおよびq軸インダクタンス、 $I_a$ は電機子電流の振幅、 $\theta$ は位相である。上記(1)式から明らかなように、リラクタンスモータの性能を左右するのは、d、q軸インダクタンスの差 $L_d - L_q$ である。

【0035】そこで、上記ロータ31は、q軸方向の磁路に空気層であるスリット38により抵抗を与えて磁束が殆ど通らないようにすることにより、q軸インダクタンス $L_q$ を小さく設定し、d軸方向にはスリット18に挟まれた磁束通路部39a～39eにより磁束が通り易い磁路を確保することにより、d軸インダクタンス $L_d$ が大きくなるよう設定してある。このように、このロータ31は、両インダクタンス $L_d$ 、 $L_q$ の差を大きくできることから、磁氣的突極性を有し、有効にリラクタンストルク $T$ を発生することができる。

【0036】図3はロータ31に組み込まれているかご形二次導体37を抽出して示した斜視図である。このかご形二次導体37は、既存のインダクションモータの回転子とほぼ同様の形態であって、以下のようにして組み立てられる。

【0037】すなわち、上記のコアシート34を各々の対応するロッド挿通孔41が合致するよう位置決めして数十枚積層してロータコア35を形成したのちに、図1に示すように、例えばアルミニウムからなる棒状導体42aを、各コアシート34の合致したロッド挿通孔41に挿通させて、それら棒状導体42aの両端部を外部に導出させる。

【0038】つぎに、2枚の円環板状の短絡環43aを、これの連結孔45にそれぞれ棒状導体42aの導出端部を挿入されて各ロータコア35の両端面に押し付ける。この状態を保持しながら各棒状導体42aの端部と短絡環43aとを溶接により固定すると、図3に示すような一対の短絡環43aと多数の棒状導体42aとによるかご形二次導体37がロータ31内に組み込まれる。

【0039】さらに、本発明の特徴として、図1に示すように、棒状導体42aは電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) 付近の棒状導体42aの抵抗を他の棒状導体42aの抵抗より低くするように構成する。この機能については後述する。

【0040】つぎに、上記リラクタンスモータの動作について説明する。固定子側のスロット33に巻回された固定子巻線を3相交流電源に単に接続すると、それにより回転磁界が発生してかご形二次導体37に電磁誘導に

なければ樹脂や磁石であってもよい。

【0033】また、固定子巻線により回転磁界が与えられたときにロータ31に発生するリラクタンストルク $T$ は次式で与えられる。

【0034】

より誘起起電力が生じ、その起電力による渦電流が棒状導体42aと短絡環43aとを循環して流れる。この電流と回転磁界との電磁力によりロータ31が回転し始める。

【0041】すなわち、回転始動時には、固定子とかご形二次導体37とによってあたかもインダクションモータとして機能する。ここでリラクタンストルク $T$ は、上記(1)式から明らかなように、電機子電流の位相 $\theta$ によりトルクの符号が決定される。すなわち、 $-90^\circ < \theta < 0^\circ$ においては、負のリラクタンストルクが発生する。したがって、同期速度に達するまでは、電機子電流の位相 $\theta$ はめまぐるしく変化するために、正および負のリラクタンストルクが混在し、トルク脈動が発生する。

【0042】そこで、図1のかご形二次導体37の構成をとることにより、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) 付近の棒状導体42aのまわりに磁束を多く発生させる。これにより、磁束の分布が改善されて、負のリラクタンストルクを発生する電流位相で流れる電機子電流による磁束を低減することができる。したがって、負のリラクタンストルクが低減されるため、トルク脈動が改善される。

【0043】同図の角度 $\alpha$ は、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) の付近の棒状導体42aの位置を与える角度である。角度 $\alpha$ は図1(a)に示すように電気角 $-45^\circ$ を中心線として対称に広がる電気角度であり、この電気角が $75^\circ$ 以上で好適であるが、それ以下でも支障は生じない。

【0044】図4は、同期速度に到達するまでのある速度におけるトルク波形である。本発明の効果により、従来例のトルク波形に比べて大幅にトルク脈動が改善されている。すなわち、同期速度に到達するまで低振動・低騒音のまま回転することを示す。

【0045】ロータ31の回転数が上昇して固定子による回転磁界の回転数に達すると、つまりロータ31の回転数がリラクタンスモータ自体の同期速度に達すると、回転磁界の磁束が各磁束通路部39a～39eに効果的に流れ、十分な同期(リラクタンス)トルク( $T$ )が発生する。以後は、主として同期(リラクタンス)トルクによって同期速度で回転する定常状態を継続する。

【0046】したがって、このリラクタンスモータでは、ロータ31に一体的に組み込んだ上記かご形二次導体37を利用したインダクション作用により、トルク脈動を改善した回転始動を行うことができ、低騒音・低振

動のまま同期速度まで運転できるため、既存の大掛かりな起動制御装置および振動・騒音防止装置を不要にできる。

【0047】それに加えて、リラクタンスモータにおけるロータ31の本体である多数のコアシート34を積層してなるロータコア35は、かご形二次導体37を構成する一対の短絡環43aと多数本の棒状導体42aとを利用することにより、積層方向の両端面から挟み込んでロータ軸44に強固に固定されるため、簡単な構成によって容易に組立でき、しかも、各コアシート34は、各スリット38の両端部を挿通した多数の棒状導体42aにより高速回転時の遠心力に抗して効果的に保持されるから、高速回転に対し極めて強い構造となる。

【0048】図5はいずれも同上モータに用いる他のリラクタンスモータを示す断面図である。棒状導体の形状は、図5(a)の棒状導体42aあるいは図5(b)の棒状導体42bのようにしてもよい。

【0049】(実施例2)図1(a)は本実施例2に係るリラクタンスモータを示す断面図、図1(b)はそのロータの一部破断した斜視図である。棒状導体42aに抵抗値の異なる材質から構成されている。第1の実施例と同様の動作および効果が得られるとともに、これにより、各種材質の棒状導体42aを選択することにより、最適な棒状導体の抵抗値を容易に得ることができる。

【0050】(実施例3)図6はいずれも本実施例3に係るリラクタンスモータを示す断面図である。図6(a)および図6(b)の棒状導体42aは、棒状導体42bに比べて太くなるように構成する。第1および第2の実施例と同様の効果が得られるとともに、これにより、ロード挿通孔の大きさをプレス加工などによりに変化させることで、棒状導体42aおよび42bの抵抗の大きさを同一材料で容易に変化できる利点がある。また、図6(c)のように棒状導体42cは電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ )の付近にのみ設けた構成にしてもよい。

【0051】図7はいずれも同上モータに用いる他のコアシートの正面図である。図7(a)および図7(b)の棒状導体42aから42fのように、大きさを段階的に変化させてもよい。

【0052】(実施例4)図8(a)は本実施例4に係るリラクタンスモータを示す断面図、図8(b)はそのロータの一部破断した斜視図である。電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  付近の短絡環43aの抵抗を、他の短絡環43aの抵抗より低くしたことで、第1の実施例と同様の動作および効果が得られる。

【0053】同図の角度 $\alpha$ は、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ )の付近の短絡環43aの位置を与える角度である。角度 $\alpha$ は、電気角 $75^\circ$ 以上が好適であるが、それ以下でも支障は生じない。また、実施例1と組み合わせることによりさらに大きな効

果が得られる。

【0054】(実施例5)図8(a)は実施例5に係るリラクタンスモータを示す断面図、図8(b)はそのロータの一部破断した斜視図である。短絡環43aに抵抗値の異なる材質から構成されている。第4の実施例と同様の動作および効果が得られるとともに、これにより、各種材質の短絡環43aを選択することにより、最適な短絡環の抵抗値を容易に得ることができる。

【0055】(実施例6)図9は、本実施例6に係るリラクタンスモータのロータの一部破断した斜視図である。短絡環43aは、短絡環43bに比べて太くなるように構成する。実施例4、実施例5と同様の効果が得られるとともに、これにより、従来のダイカスト金型の形状を変えるだけで容易に短絡環の大きさを変化できる。したがって、製造の高能率化を図ることができる。

【0056】また、ダイカスト法により棒状導体をロータコアに一体に成形した構成とすることができる。これにより、製造の高能率化を図ることができるとともに、ロータコアとかご型二次導体の一体化が強化され、堅牢性に優れたロータを得ることができる。

【0057】さらにまた、固相焼結法により粉末状の導体をロータコアに一体に成形した構成とすることができる。これにより、容易に材質の異なる導体によるかご型二次導体を製造できるとともに、ロータコアとかご型二次導体の一体化が強化され、堅牢性に優れたロータを得ることができる。

【0058】(実施例7)図10(a)~(c)は、本発明の実施例7のリラクタンスモータを示すロータの断面図である。図10(a)のロータ31は、かご形二次導体における各棒状導体42の内部に、2種4個の断面弧状の永久磁石57、58を円形に配列して設けた構成になっている。このロータ31は、回転始動させるときに、磁石57、58によって自体に鎖交する磁束が増大し、同期速度まで迅速に立ち上がらせる利点がある。さらに、同期速度に達したのちも、永久磁石57、58により発生するマグネットトルクにより回転力を付与できる。

【0059】図10(b)のロータ31は、かご形二次導体における各棒状導体42の内部に、2種8個の断面弧状の永久磁石57、58を逆円弧状に配列して設けた構成になっている。この構成により、図10(a)のロータ31に比較して発生するリラクタンストルクが大きくなるので、同期速度に達したのちのモータとしての機能は向上する。

【0060】図10(c)のロータ31は、かご形二次導体における各棒状導体42の内部に、2種4個の平板状の永久磁石57、58を設けた構成になっている。このロータ31は、平板状の永久磁石57、58を用いることにより安価に製造できる利点がある。

【0061】(実施例8)図11は、本発明の実施例8

のリラクタン্সモータを示すロータの断面図である。ロータ31は、かご形二次導体における各棒状導体42の外部に、2種4個の断面弧状の永久磁石57、58を円形に配列して設けた構成になっている。このロータ31は、自体に鎖交する磁束が減少してインダクション作用の性能が低下するが、第7の実施例に比較して永久磁石57、58により発生するマグネットトルクが大きくなるので、同期速度に達したのちのモータとしての機能は向上する。

【0062】また、実施例7、8のリラクタン্সモータにおいて、永久磁石57、58には希土類磁石を用いるとさらによい。これにより、希土類磁石によって鎖交磁束をさらに増大でき、ロータを同期速度まで迅速に立ち上がらせることができる利点があるのに加えて、同期速度に達したのちも希土類磁石により発生するマグネットトルクがより大きくなるので、同期速度に達したのちの磁石モータとしての機能がさらに向上する。

【0063】さらに減磁耐力が極めて高いために図10(c)の形態のように薄形にでき、コストダウンを図ることができる。

【0064】(実施例9)図12(a)～(c)は実施例9のリラクタン্সモータを示す概略側面図である。この実施例では、上述の各実施例の各コアシート34、47、48、50のうちの何れかを積層する際に、その各コアシートの取り付け位置をロータ軸44の方向に向けてロータ軸回りの位置を少しずつずらしてスキューをかけるものである。図12(a)は、例えばコアシート34の取り付け位置をロータ軸44の方向に向けて一直線状にずらしてスキュー53をかけた場合を示し、d軸方向の磁路に対する抵抗がロータコア35の周方向において均一化されるため、ステータからロータコア35に入ったり、ロータコア35からステータに出るd軸方向の磁束が均一化され、磁束の不均一に起因するトルク脈動が低減して脈動音を抑制でき、モータ性能をさらに向上させることができる。この場合、棒状導体42はロータ軸44の方向に対して傾斜した状態で両短絡環43a間に架け渡される状態となる。

【0065】また、前記スキュー53を、同図(b)に示すように、階段状としたり、あるいは、同図(c)に示すように、ロータ軸44の方向の途中で折れ曲がったようなV字形状としてもよい。なお、前記スキュー53は、ステータ鉄心32のスロット33のピッチ以下のスキュー量とすることが望ましい。

【0066】

【発明の効果】本願請求項1記載の発明によれば、かご形二次導体の電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) 付近の棒状導体の抵抗を他の棒状導体の抵抗より低くし、ロータコアと一体化してロータに組み込んだ構成としたので、上記かご形二次導体を利用したインダクション作用により、トルク脈動を改善した回

転始動を行うことができ、低騒音・低振動のまま同期速度まで運転することができるため、既存の大掛かりな起動用制御装置および振動・騒音防止装置を不要にできる。

【0067】また、請求項2記載の発明においても、上記と同様の効果が得られるとともに、これにより、各種材質の棒状導体を選択することにより、最適な棒状導体の抵抗値を容易に得ることができる。

【0068】また、請求項3記載の発明においても、上記と同様の効果が得られるとともに、これにより、コアシートにおけるスリットが未形成の外周端部に沿ったロード挿通孔の大きさをプレス加工などにより容易に変化できる。したがって、棒状導体の抵抗の大きさを変化できる利点がある。

【0069】また、請求項4、5記載の発明によれば、電気角 $(-45^\circ + 180^\circ \times n)$  付近の短絡環の抵抗を、他の短絡環の抵抗より低くしたことで、これにより上記作用と同様の効果が得られる。

【0070】また、請求項6記載の発明においても、上記と同様の効果が得られるとともに、これにより、各種材質の短絡環を選択することにより、最適な短絡環の抵抗値を容易に得ることができる。

【0071】また、請求項7記載の発明においても、上記と同様の効果が得られるとともに、これにより、ダイカスト法などにより容易に短絡環の大きさを変化できる。したがって、製造の高効率化を図ることができる。

【0072】また、請求項8記載の発明によれば、ダイカスト法により棒状導体をロータコアに一体に成形した構成とすることができる。これにより、製造の高効率化を図ることができるとともに、ロータコアとかご型二次導体の一体化が強化され、堅牢性に優れたロータを得ることができる。

【0073】また、請求項9記載の発明によれば、固相焼結法により粉末状の導体をロータコアに一体に成形した構成とすることができる。これにより、容易に材質の異なる導体によるかご型二次導体を製造できるとともに、ロータコアとかご型二次導体の一体化が強化され、堅牢性に優れたロータを得ることができる。

【0074】また、請求項10記載の発明によれば、かご形二次導体の内方側に永久磁石が配設されている構成とすることができる。これにより、永久磁石によって鎖交磁束を増大でき、ロータを同期速度まで迅速に立ち上がらせることができる利点があるのに加えて、同期速度に達したのちも永久磁石により発生するマグネットトルクにより回転力を付与できる。

【0075】また、請求項11記載の発明によれば、かご形二次導体の外方側に永久磁石が配設されている構成とすることもできる。これにより、棒状導体の内方側に永久磁石を配置したかご形二次導体に比較して永久磁石により発生するマグネットトルクが大きくなるので、同



期速度に達したのちの磁石モータとしての機能が向上する。

【0076】また、請求項12記載の発明によれば、希土類磁石が配設されている構成とすることができる。これにより、希土類磁石によって鎖交磁束をさらに増大でき、ロータを同期速度まで迅速に立ち上がらせることができる利点があるのに加えて、同期速度に達したのちも希土類磁石により発生するマグネットトルクがより大きくなるので、同期速度に達したのちの磁石モータとしての機能がさらに向上する。

【0077】また、請求項13記載の発明によれば、ロータコアを、複数のコアシートがロータ軸の方向に向けて該ロータ軸回りに位置を徐々にずらして積層する構成とすることが望ましい。これにより、d軸方向の磁路に対する抵抗がロータコアの周方向において均一化されるため、ステータからロータコアに入ったり、ロータコアからステータに出るd軸方向の磁束が均一化され、磁束の不均一に起因するトルク脈動をさらに低減して脈動音を抑制でき、モータ性能を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a) 本発明の実施例1、2に係るリラクタンスモータを示す断面図

(b) 同ロータの一部破断した斜視図

【図2】(a) 同モータにおけるコアシートの正面図

(b) 同モータにおける他のコアシートの正面図

【図3】同モータにおけるかご形二次導体を示す斜視図

【図4】同モータおよび従来例モータの同期速度に到達するまでのある速度におけるトルク波形図

【図5】(a) 同モータに用いる他のコアシートの断面図

(b) 同モータに用いる他のコアシートの断面図

【図6】(a) 本発明の実施例3に係るリラクタンスモータに用いるコアシートの断面図

(b) 同モータに用いるコアシートの断面図

(c) 同モータに用いるコアシートの断面図

【図7】(a) 同モータに用いる他のコアシートの正面図

(b) 同モータに用いる他のコアシートの正面図

【図8】(a) 本発明の実施例4、5に係るリラクタンスモータを示す断面図

(b) 同ロータの一部破断した斜視図

【図9】本発明の実施例6に係るリラクタンスモータのロータの一部破断した斜視図

【図10】(a) 本発明の実施例7に係るリラクタンスモータにおける3種のロータの断面図

(b) 同モータにおける3種のロータの断面図

(c) 同モータにおける3種のロータの断面図

【図11】本発明の実施例8に係るリラクタンスモータにおけるロータの断面図

【図12】(a) 本発明の実施例9に係るリラクタンスモータにおける3種のロータを示す概略側面図

(b) 同モータにおける3種のロータを示す概略側面図

(c) 同モータにおける3種のロータを示す概略側面図

【図13】(a) 従来のリラクタンスモータに用いるコアシートの正面図

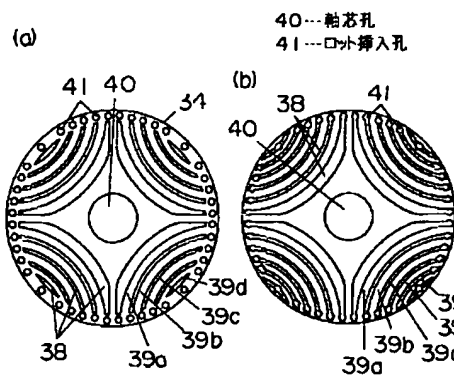
(b) 同モータのロータの概略側面図

【図14】従来の改良されたリラクタンスモータのロータの一部破断した斜視図

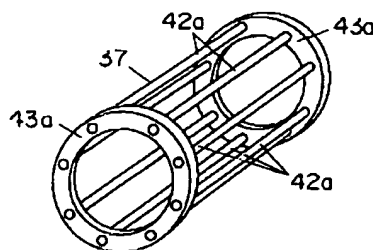
【符号の説明】

- 31 ロータ
- 34 コアシート
- 35 ロータコア
- 37 かご形二次導体
- 38 スリット
- 41 ロッド挿通孔
- 42a~42f 棒状導体
- 43a~43b 短絡環
- 44 ロータ軸

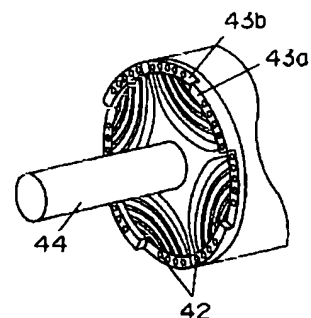
【図2】



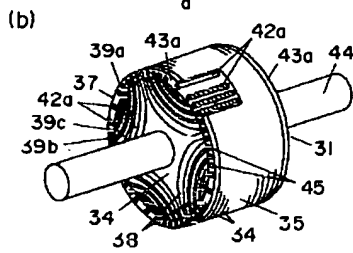
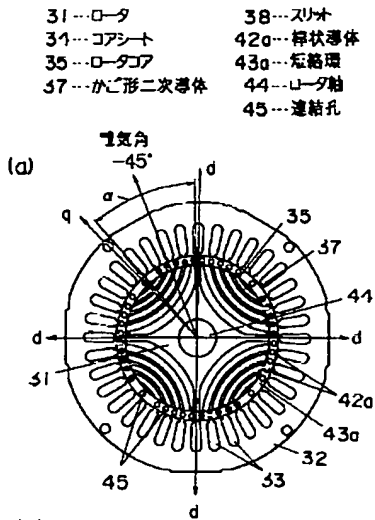
【図3】



【図9】

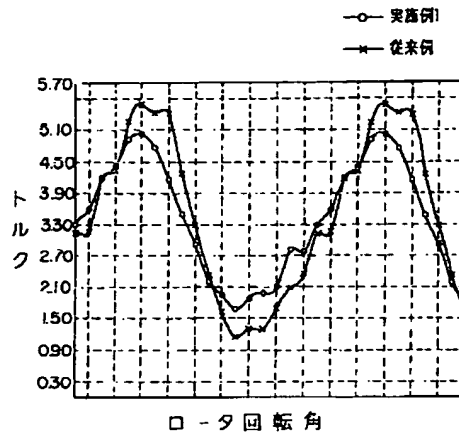


【図1】

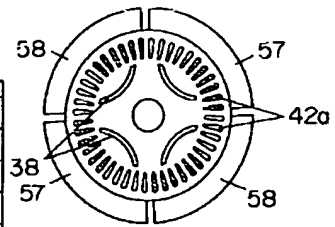


【図5】

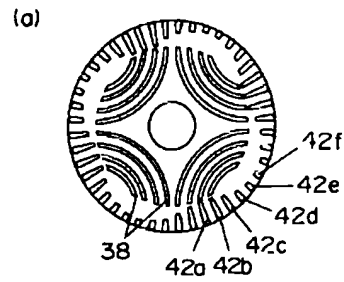
【図4】



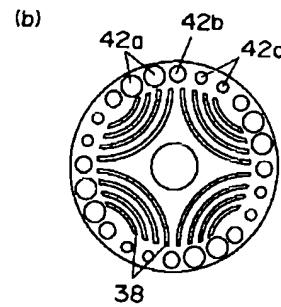
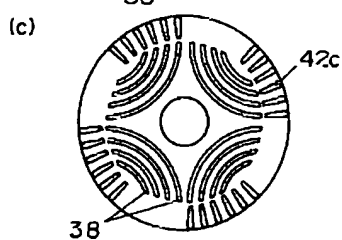
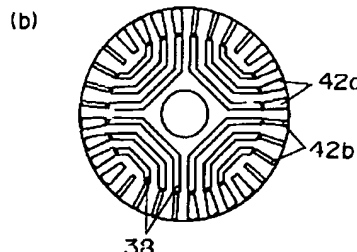
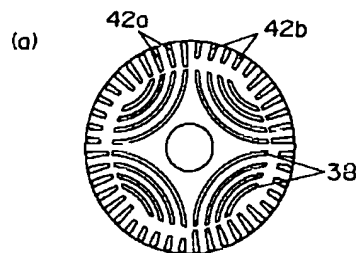
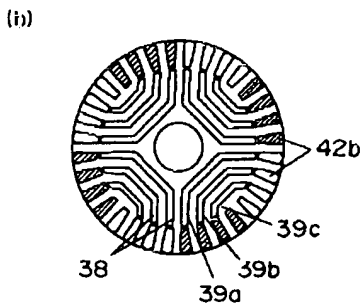
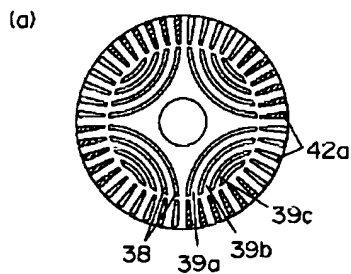
【図11】



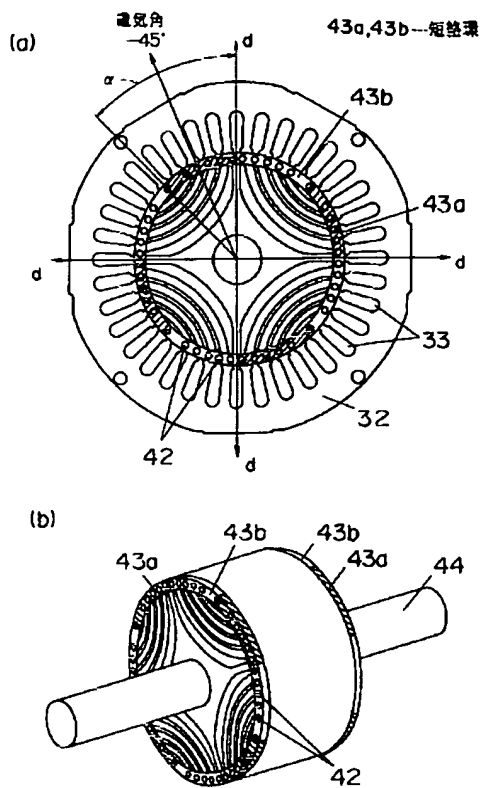
【図7】



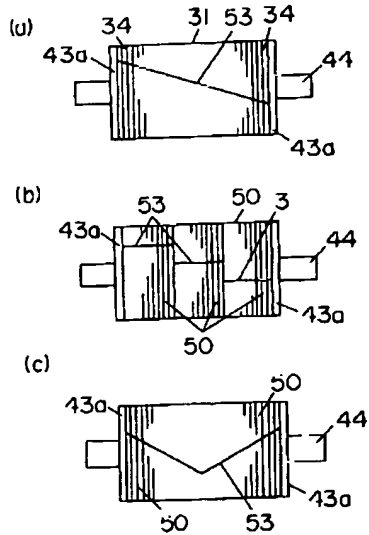
【図6】



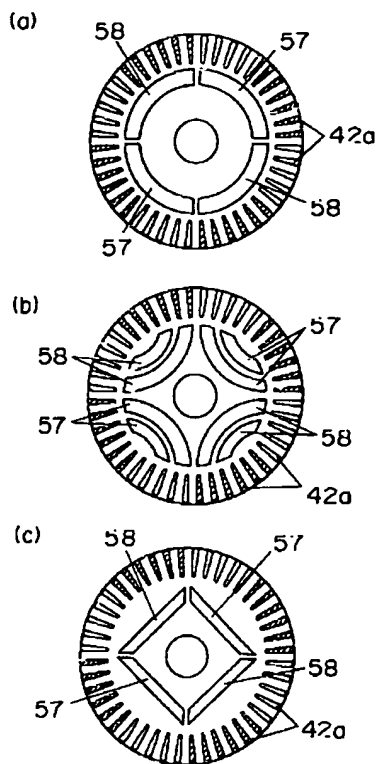
【图8】



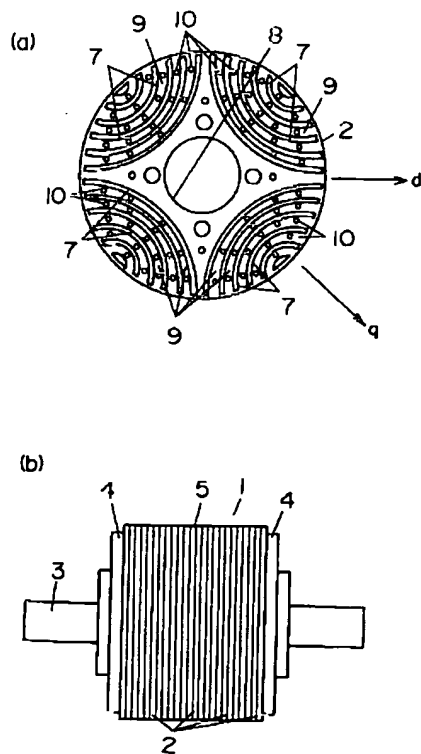
【图12】



【图10】



【图13】



【図14】

- 11...ロータ
- 14...コアシート
- 15...ロータコア
- 17...かご形二次導体
- 18...スリット
- 19a~19c...磁束通路部
- 22...導体
- 23...短絡環
- 24...ロータ軸

